



Tierallergene an Arbeitsplätzen und in öffentlichen Einrichtungen

Expositionsquellen entdecken – Allergenverschleppungen vermeiden

Eva Zahradnik, Monika Raulf

Allergene tierischen Ursprungs gehören zu den Hauptauslösern von allergischen Erkrankungen, die durch Immunglobulin E (IgE) vermittelt werden (Rhinitis/Konjunktivitis, Asthma und Kontakturtikaria). Allergische Sensibilisierungen und Beschwerden können grundsätzlich durch Allergene von allen Tierarten ausgelöst werden. Abgesehen von den ubiquitären Milben (Spinnentiere) kommen Allergien jedoch am häufigsten gegen domestizierte, felltragende Säugetiere vor. Diese werden als Labor- und Nutztiere und vornehmlich im Privatbereich als Haustiere gehalten. Berufsbedingte Sensibilisierungen werden vor allem durch Tätigkeiten mit Labortieren (insbesondere Mäuse und Ratten) und Nutztieren (hauptsächlich Rinder) hervorgerufen, sie können aber auch bei bestimmten Berufsgruppen, wie Tierärztinnen und Tierärzten und ihrem Assistenzpersonal, durch Umgang mit Haustieren (meistens Katzen und Hunde) entstehen.

Aufgrund der ubiquitären Verteilung von tierischen Allergenen in öffentlichen Bereichen und an Arbeitsplätzen können Personen unter Umständen Sensibilisierungen entwickeln, obwohl sie selbst keinen direkten Tierkontakt haben. Die sog. „Tierhaarallergie“ ist relativ weit verbreitet und steht nach der Pollenallergie (Heuschnupfen) und der Hausstaubmilbenallergie in Deutschland an dritter Stelle [4].

Was versteht man unter einer „Tierhaarallergie“?

Der gebräuchliche Begriff „Tierhaarallergie“ ist irreführend, da die Haare selbst keine allergischen Symptome auslösen können. Es sind vielmehr bestimmte Eiweiße (Proteine), die in Hautschuppen, Speichel, Schweiß, Talg und Urin der Tiere enthalten sind und als IgE-reaktive Allergene wirken. Allerdings spielen Tierhaare bei der Verbreitung der Allergene eine zentrale Rolle. Durch die Fellpflege und alle Arten von Ausscheidungen und Sekreten bleiben die allergenen Proteine an den Haaren haften und können sich mit diesen sehr effizient und weiträumig in der Umwelt verteilen. Darüber hinaus können die Allergene an kleine Staubpartikel binden,

die lange in der Luft schweben. Gelangen diese Partikel auf die Schleimhäute der Augen, der Nase oder der Bronchien, können sie Sensibilisierungen und letztendlich auch allergische Symptome wie Augenbrennen, Niesen, Fließschnupfen sowie Husten und gegebenenfalls Atemnot verursachen. Begünstigt durch die guten Schwebbeeigenschaften können tierische Allergene über längere Distanzen in andere Bereiche übertragen werden. So können auch Expositionen an Orten auftreten, an denen in der Regel keine Tiere vorhanden sind. Dort können sich Allergene an den Wänden, Möbeln und anderen Gegenständen ablagern. Dabei gelten Kleidung und menschliche Haare als Hauptüberträger der Allergene. Die im Staub abgesetzten Allergene können bei Aufwirbelungen wieder in die Atemluft gelangen. Die Allergenkonzentrationen sind zwar deutlich geringer als in Räumen, in denen sich Tiere aufhalten, können aber ausreichend sein, um Symptome bei bereits sensibilisierten Personen auszulösen.

Beim beruflichen Umgang mit Tieren sind die Allergene nicht nur direkt am Arbeitsplatz (Stall, Laboratorien, Tierklinik, Tierarztpraxis

etc.) vorhanden, sondern gelangen auch in Nebenräume, in denen kein direkter Tierkontakt besteht, beziehungsweise können über die Arbeitskleidung auch in das private Lebensumfeld verschleppt werden. Somit kann der Allergenkontakt „rund um die Uhr“ bestehen. Deshalb ist es wichtig, in erster Linie die Allergenexposition in verschiedenen Bereichen durch geeignete Messungen zu bestimmen. Nur dann können entsprechende Präventionsmaßnahmen entwickelt und eingeleitet werden, um eine Reduzierung der Allergenbelastung beziehungsweise Vermeidung der Allergenverschleppung zu erreichen.

Am IPA sind mehrere Immunoassays verfügbar, um Allergene verschiedener Säugetiere in diversen Material- und Staubproben nachzuweisen. Viele Nachweisverfahren sind zwar bei kommerziellen Anbietern erhältlich, sie müssen aber oft vor allem bezüglich der Sensitivität angepasst werden, damit auch kleinere Allergenverschleppungen aufgespürt werden können. Diese optimierten Testsysteme finden Anwendung in mehreren IPA-Projekten: Belastung durch Tiere in der Veterinärmedizin (AllergoVet), Allergenbelastung in Kindertagesstätten (KiTa), Labortierallergien.

Studien am IPA zur beruflichen Belastung durch Haustiere

Bei bestimmten Berufsgruppen kann es zu einer berufsbedingten Sensibilisierung beim Umgang mit Haustieren kommen. Dazu gehören Tierärztinnen und Tierärzte sowie Assistenz- und Pflegepersonal im Bereich der Veterinärmedizin sowie Beschäftigte in der Tierzucht, in Zoogeschäften und Tierheimen. Bei diesen Personen ist die Abgrenzung der beruflichen von der privaten Exposition oft problematisch, da viele Beschäftigte dieser Berufsgruppen auch zu Hause Tiere halten. Die Sensibilisierungshäufigkeit in der deutschen Allgemeinbevölkerung gegen Hunde als auch gegen Katzen beträgt circa sieben Prozent [4]. Aufgrund der großen Verbreitung von Hunden und Katzen findet man die Hunde- und Katzenallergene fast überall. In Büros, Schulen, Hotels, Gaststätten, Kinos, Krankenhäusern und Bussen ließen sich diese Allergene bereits nachweisen (Übersicht in [11]). Katzenallergene fand man sogar in Räumen von Scott Base auf Ross Island, dem Basislager in der Antarktis, in dem noch nie Katzen gehalten wurden [10]. Diese ubiquitäre Verteilung der Allergene wird oft als ein Risikofaktor für asthmatische oder sensibilisierte Personen betrachtet.

Zur Messung von Hunde- und Katzenallergenen werden weltweit fast ausschließlich Immunoassays verwendet, die gegen die Hauptallergene Fel d 1 der Katze und Can f 1 des Hundes gerichtet sind. Entsprechende Immunoassays wurden auch im Rahmen der „KiTa“-Studie zur Bestimmung der Innenraumallergenbelastung in Kindertageseinrichtungen, die gemeinsam vom IPA mit der Unfallkasse NRW durchgeführt wurde, eingesetzt. In 20 KiTas in NRW wurden 2010/11 zu allen vier Jahreszeiten insgesamt 1340 Staubproben durch Absaugen von Oberflächen [8] und 620 Staubproben mit Hilfe von staubbindenden elektrostatischen Passivsammlern (EDCs) gesammelt und untersucht. Parallel dazu erfolgte eine Staubprobensammlung in Haushalten der Eltern und Beschäftigten (602 EDCs). Insgesamt wurden in

den KiTas Hunde- und Katzenallergene deutlich häufiger und in höheren Konzentrationen nachgewiesen als in den Wohnungen ohne Katzen- beziehungsweise Hundehaltung.

Ein anderes Einsatzgebiet für die Can f 1- und Fel d 1-Immunoassays ist das laufende Projekt AllergoVet, bei dem das IPA eng mit der Unfallkasse Hessen und der Veterinärmedizinischen Fakultät der Justus-Liebig-Universität Gießen zusammenarbeitet. Es ist eine Längsschnittstudie zur Allergieentwicklung bei Berufseinsteigern, die Studierende der Veterinärmedizin von Beginn bis zum Ende ihres Studiums wissenschaftlich begleitet. Die Studierenden werden jährlich hinsichtlich gesundheitlicher, insbesondere allergischer, Beschwerden befragt beziehungsweise untersucht und ihre Sensibilisierungen gegen Umwelt- und Tierallergene überprüft. Zusätzlich finden umfangreiche Expositionsmessungen (Sammlung von Luftstaubproben auf elektrostatischen Passivsammlern) statt. Staubproben werden sowohl auf dem gesamten Campus (Hörsäle, Praktikums- und Untersuchungsräume, Tierställe) als auch bei Studierenden zu Hause gesammelt. Die Studie soll darüber Aufschluss geben, ob und wie stark sich die erhöhte Tierallergenexposition auf die (Neu-)Entwicklung von Sensibilisierungen und allergischen Beschwerden auswirkt und welche Präventionsmaßnahmen frühzeitig ergriffen werden können.

Tierallergene

Mehrere Allergene wurden bis dato bei verschiedenen Säugetieren identifiziert. Eine ausführliche Übersicht der charakterisierten Allergene findet sich in der WHO/IUIS Allergendatenbank www.allergen.org. Die offizielle Nomenklatur der Allergene verwendet die Abkürzung der lateinischen Spezies und eine Nummerierung anhand der Reihenfolge ihrer Entdeckung. Zu den tierischen Hauptallergenen (Allergen, das bei mind. 50% der Allergiker IgE bindet) gehören:

- Can f 1 bei Hund (*Canis familiaris*)
- Fel d 1 bei Katze (*Felis domesticus*)
- Bos d 2 bei Rind (*Bos domesticus*)
- Equ c 1 bei Pferd (*Equus caballus*)
- Mus m 1 bei Maus (*Mus musculus*)
- Rat n 1 bei Ratte (*Rattus norvegicus*)

Die meisten tierischen Hauptallergene gehören zu der Proteinfamilie der Lipokaline. Das sind kleine extrazelluläre Proteine (ca. 16 – 24 kDa), die sich zwar stark in ihrer Aminosäurezusammensetzung unterscheiden, aber eine ähnliche dreidimensionale Struktur aufweisen. Lipokaline sind u.a. für den Transport von Pheromonen und Duftstoffen verantwortlich und spielen damit eine wichtige Rolle beim Sozial- und Sexualverhalten der Tiere. Eine Ausnahme stellt das Hauptallergen der Katze Fel d 1 dar, das der Proteinfamilie der Uteroglobine angehört. Auch nach jahrelanger Forschung (Entdeckung bereits im Jahr 1974) bleibt die biologische Funktion dieses Proteins bis heute unbekannt.

Studien am IPA zur beruflichen Belastung durch Labortiere

Die Labortierallergie tritt vor allem bei Beschäftigten in Versuchstierhaltungen von Hochschulen, Forschungsinstituten und Pharmaunternehmen auf. Zu den Betroffenen gehören sowohl Personen, die direkten beruflichen Kontakt mit Tieren haben (Tierpflegepersonal, technische Assistenten, Wissenschaftler, Veterinäre) als auch Personen, die indirekt exponiert sind wie zum Beispiel Reinigungs- oder Verwaltungspersonal. Je nach Studie schwankt die Prävalenz einer Labortierallergie zwischen 6 und 44 Prozent, die Inzidenz variiert zwischen 9 und 30 Prozent [2]. Allergische Symptome treten in der Regel in den ersten zwei bis drei Jahren nach Beginn der Beschäftigung auf. Im Jahr 2014 wurden in Deutschland knapp 2,8 Mio Tiere, davon rund 2,5 Mio Säugetiere für wissenschaftliche Zwecke verwendet (<http://www.bmel.de>). Die mit Abstand am häufigsten verwendeten Säugetiere in der medizinischen Forschung sind Mäuse (78%) und Ratten (15%), an dritter Stelle stehen Kaninchen (4%). Größere Säugetiere werden dagegen sehr viel seltener in Versuchen eingesetzt (Abb. 1a).

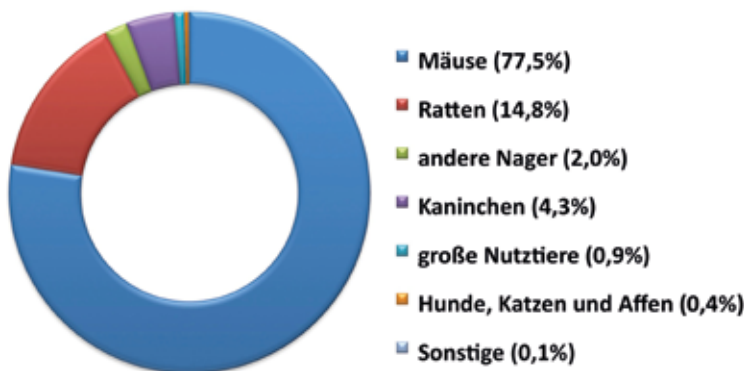
Die Hauptallergene der Maus (Mus m 1) und der Ratte (Rat n 1) werden in hohen Mengen mit dem Urin ausgeschieden und gehören zu den am besten untersuchten Nagetier-Allergenen. Gut etablierte und sehr sensitive Immunoassays gegen Mus m 1 und Rat n 1 werden weltweit seit vielen Jahren in Studien zur Bestimmung der Allergenexposition im beruflichem Umfeld eingesetzt. Die Allergenkonzentrationen in verschiedenen Bereichen der Versuchstieranlagen können sich stark voneinander unterscheiden und sind von mehreren unterschiedlichen Faktoren, wie zum Beispiel Anzahl und Geschlecht der Tiere, Art des Käfigsystems, Lüftung der Räume sowie den ausgeübten Tätigkeiten, abhängig. Allergene werden aber auch in Räumen nachgewiesen, in denen kein unmittelbarer Umgang mit Tieren besteht (Büros, Aufenthaltsräume, Flure). Die Verschleppung von Nagetierallergenen vom Arbeitsplatz bis in den häuslichen Bereich wurde in einer niederländischen Studie gezeigt [5]. Die Autoren untersuchten Matratzenstaub von Labortierpflegern sowie von nicht beruflich exponierten Kontrollen und stellten

deutlich erhöhte Mus m 1- und Rat n 1-Werte in den Matratzen der Beschäftigten fest, die mit Labortieren Umgang hatten.

In modernen Versuchstierhaltungen werden häufig verschiedene Belüftungssysteme und Absaugungsvorrichtungen verwendet, die für die Reduktion von Kontaminationen zwischen Tieren und Umgebung sorgen. Dazu gehören zum Beispiel diverse ventilierete Käfigsysteme und Käfigschränke, Sicherheitswerkbänke und Käfigwechsel- und Einstreuabwurfstationen. Diese sollen sowohl die Tiere vor Infektionen als auch das Laborpersonal vor Inhalation von Stäuben und Allergenen schützen. Luftstaubsammlung und anschließende Allergenquantifizierung eignen sich besonders gut, um die Effektivität dieser technischen Einrichtungen zu überprüfen. So hat das IPA in Kooperation mit der VBG und dem Helmholtz Zentrum in München den Einfluss von verschiedenen Käfigtypen auf die Mausalergenbelastung untersucht [3]. Die Allergenkonzentrationen waren am niedrigsten in Räumen mit individuell ventilierten Käfigen (IVCs) mit Unterdruck. Auch durch die Verwendung von Käfigwechselstationen und vakuumbasierter Einstreusorgung konnte die Allergenexposition bis zu 14fach beziehungsweise 25fach gesenkt werden.

Darüber hinaus wurden mit Unterstützung der BG RCI Allergenmessungen (Mus m1 und Rat n 1) in einigen Versuchstierhaltungen der pharmazeutischen Industrie durchgeführt [7]. Dabei legen die Pharmaunternehmen großen Wert auf die Erfassung der „state of the art“ Allergenbelastung in ihren Labor- und Tierhaltungsräumen mit unterschiedlicher technischer Ausstattung sowie bei verschiedenen im Raum durchgeführten Tätigkeiten wie Umsetzen der Tiere, Tierexperimente und Tier-OPs oder Entleeren der kontaminierten Einstreu. Für die Unternehmen ist es darüber hinaus sehr wichtig, die Allergenverschleppungen in andere Bereiche (Umkleide, Flure, Treppenhäuser, Besprechungsräume, Cafeteria etc.) zu identifizieren. Nach Auswertung der Ergebnisse können dann zusammen mit den Unternehmen Präventionsstrategien zur Optimierung des Arbeitsschutzes entwickelt werden, die verschiedene technische

a) Labortiere



b) Nutztiere

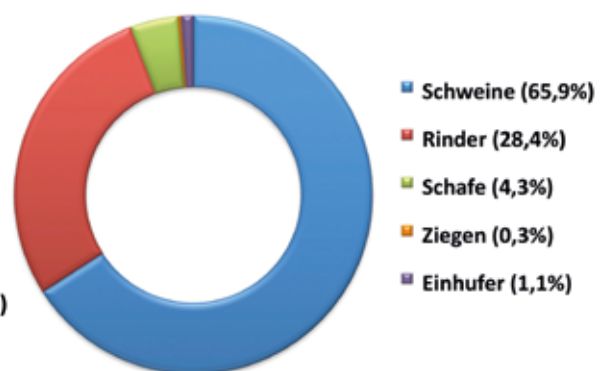


Abb. 1a links: Prozentualer Anteil der in Tierversuchen eingesetzten Säugetiere in Deutschland. (Quelle: Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft, Versuchstierzahlen 2014)

Abb. 1b rechts: Prozentualer Anteil der landwirtschaftlich genutzten Säugetiere in Deutschland. (Quelle: Statistisches Bundesamt. Land- und Forstwirtschaft, Fischerei. Viehhaltung der Betriebe – Agrarstrukturerhebung. Fachserie 3 Reihe 2.1.3, 2013)

(zum Beispiel geeignete Ausrüstung der Tierhaltungsbereiche) und organisatorische Maßnahmen (zum Beispiel geeignete Schutzkleidung, Zugangsbeschränkung zu den jeweiligen Bereichen, regelmäßige Reinigung) umfassen. Wird die Umsetzung durch Folge-messungen begleitet, kann so auch eine Kontrolle der Effektivität der Präventionsmaßnahmen erfolgen.

Studien am IPA zur Belastung durch Nutztiere

Allergien gegen Nutztiere treten vor allem bei Landwirten und bei in der Landwirtschaft tätigen Tierärztinnen und Tierärzten auf. Nach Ergebnissen der Agrarstrukturerhebung (ASE) von 2013 wurden in Deutschland 12,4 Mio Rinder, 28,7 Mio Schweine, 1,9 Mio Schafe, 130.000 Ziegen, 46.000 Einhufer (Pferde, Esel, Maultiere) (Abb. 1b) sowie 177,3 Mio Geflügel gehalten (www.destatis.de). Mehr als 70 Prozent aller landwirtschaftlichen Betriebe (knapp 200.000) halten Nutztiere. Während seit Jahren die Anzahl der Betriebe sinkt, steigen die Tierbestände und es findet eine zunehmende Spezialisierung statt (eine Tierart, eine Produktionsrichtung, z.B. Mast oder Zucht). Nach den Angaben der Sozialversicherung für Landwirtschaft, Forsten und Gartenbau (SVLFG) waren 37 Prozent der Fälle von anerkannten berufsbedingten allergischen Atemwegserkrankungen (BK 4301) im Zeitraum von 2010 – 2014 durch Haare, Borsten, Federn und Horn von Tieren verursacht.

Insbesondere Rinderepithelien gelten als relevante landwirtschaftliche Allergene. Etwa die Hälfte der landwirtschaftlichen Betriebe hält Rinder (ca. 130.400 Betriebe). Die Angaben der Häufigkeiten von Rinderhaarsensibilisierungen in der Literatur schwanken zwischen unter einem Prozent (Dänemark) und fast 30 Prozent (Niederlande) [12]. Zur Quantifizierung von Rinderallergenen stand lange kein Testverfahren zur Verfügung. Deshalb wurde am IPA ein Immunoassay entwickelt, der auf polyklonalen Antikörpern gegen ein Proteinextrakt aus Rinderhaaren basiert. Dieser Assay wurde bereits in mehreren Studien verwendet, um die Allergenkonzentrationen in verschiedenen Bereichen der Betriebe mit Rinderhaltung zu bestimmen und Präventionsmaßnahmen zu optimieren. Die Untersuchungen wurden in Kooperationen mit der SVLFG [13], dem Institut für Arbeits-, Sozial- und Umweltmedizin der Ludwig-Maximilians-Universität München [1] und der Section for Environment, Occupation and Health der Aarhus Universität in Dänemark [9] durchgeführt. Messungen erfolgten sowohl in Rinderställen als auch in den Wohnungen der Landwirte. So wurde zum Beispiel ein steiler Konzentrationsgradient von Rinderhaarallergenen vom Stall über die Umkleideräume bis in den Wohn- und Schlafbereich festgestellt, was auf einen Allergentransfer hindeutet. Eine strikte Trennung des Arbeitsbereiches von den Wohnräumen und eine konsequente Nutzung einer sogenannten „Schmutzschleuse“ (Raum mit getrennter Aufbewahrung von Arbeits- und Freizeitkleidung sowie Waschmöglichkeit) gehört zu den wichtigsten Maßnahmen, diese Allergenverschleppung zu minimieren. Mittlerweile ist auch ein kommerzieller Assay gegen das Hauptallergen Bos d 2 erhältlich. Dieser Test wird derzeit im Rahmen des AllergoVet-Projektes eingesetzt, bei dem die Belastung durch Tierallergene im Bereich der Veterinärmedizin erfasst wird.

Allergenquantifizierungen

Im Rahmen des IPA-Projekts „Allquant“ stehen den Unfallversicherungsträgern zur Quantifizierung von Säugetierallergenen bei ihren Mitgliedern entsprechende Möglichkeiten zur Verfügung. Abgestimmt auf die jeweilige Zielsetzung werden für die Untersuchungen gemeinsam geeignete Probenahmeprotokolle bzw. Messstrategien festgelegt. Folgende Probenahmesysteme werden angeboten:

Luftstäube

Staub wird auf Teflonfiltern mittels spezieller Probenahme-köpfe und Pumpen gesammelt, die die Umgebungsluft über eine definierte Zeit einsaugen (GSP-Systeme können vom Institut für Arbeitsschutz (IFA) angefordert werden). Sowohl personengetragene als auch stationäre Messungen sind möglich.

Oberflächenstäube

Staub wird auf Glasfaserfiltern mittels Staubsauger von Böden oder Polstermöbeln über eine definierte Fläche gesammelt.

Passivstäube

Staubpartikel aus der Luft setzen sich über einen längeren Zeitraum auf elektrostatischen staubbindenden Tüchern ab. Insbesondere Allergenverschleppungen können mit diesem System effektiv nachgewiesen werden.

Das entsprechende Proben- und Dokumentationsmaterial wird vom IPA bereitgestellt, die Probenahme übernehmen in der Regel Messtechniker der Unfallversicherungsträger. Die Allergenquantifizierung und Auswertung der Datenblätter findet im Kompetenz-Zentrum Allergologie/Immunologie des IPA statt. Es erfolgt eine ausführliche Darstellung und Beurteilung der Untersuchungsergebnisse für den einsendenden Unfallversicherungsträger.

Obwohl Atemwegserkrankungen in der Schweinezucht häufig vorkommen, werden IgE-vermittelte Allergien gegen Schweineepithelien jedoch sehr selten beobachtet. Bislang gibt es keine Möglichkeiten, die entsprechenden Allergene zu quantifizieren.

Pferdeepithelien haben ähnlich wie Rinderepithelien eine stark sensibilisierende Wirkung. In Deutschland gibt es rund 46.000 landwirtschaftliche Betriebe, die Pferde oder andere Einhufer halten und züchten. Die Datenlage über die Sensibilisierungshäufigkeit im beruflichen Umfang ist sehr limitiert. Patienten mit einer Pferdeallergie müssen aber nicht zwangsläufig Reiter sein. So lag in einer Studie in der städtischen Bevölkerung in Italien die Sensibilisierungsprävalenz gegen Pferdeepithelien bei rund fünf Prozent. Nur

27 Prozent der Patienten hatten einen direkten Kontakt zu Pferden [6]. Da das Reiten in vielen Ländern zum beliebten Freizeitsport geworden ist, verbreiten sich auch entsprechend die Allergene in der Umwelt. Schwedische Studien in Schulen belegen, je mehr Kinder mit regelmäßigem Kontakt zu Pferden in der Klasse sitzen, desto höher sind die Allergenkonzentrationen in gesammelten Luft- und Oberflächenstäuben [11]. Zur Bestimmung von Pferdeallergenen ist ein kommerzieller Assay verfügbar, allerdings nicht gegen das Hauptallergen Equ c 1 sondern gegen das Latherin Equ c 4. Auch dieses Mess-System wird für die AllergoVet-Studie zur Bestimmung der Allergenexposition bei Tiermedizinstudenten verwendet.

Fazit

Bei beruflicher Exposition gegenüber Tieren besteht ein Risiko, eine IgE-vermittelte Tierhaarallergie zu entwickeln. Es ist daher

erforderlich, den Grad einer Allergenexposition zu kennen, um das Risiko für eine Sensibilisierung oder das Auslösen von Symptomen besser einzuschätzen. Die Messung von Allergenen ist demzufolge ein wichtiges Tool zur Feststellung der Exposition und vor allem zur Einführung oder Kontrolle von Präventionsmaßnahmen. Standardisierte Methoden sowohl für die Probenahme als auch für die Allergenanalyse sind am IPA verfügbar und können bei Bedarf für zahlreiche Bereiche, für einzelne Fälle aber auch für gemeinsame Studien angefordert werden.

Die Autorinnen:
 Prof. Dr. Monika Raulf, Eva Zahradnik
 IPA

Literatur

1. Böhlandt A, Schierl R, Heizinger J, Dietrich-Gümperlein G, Zahradnik E, Bruckmaier L, Sültz J, Raulf M, Nowak D. Cow hair allergen concentrations in dairy farms with automatic and conventional milking systems: From stable to bedroom. *Int J Hyg Environ Health* 2016; 219: 79–87
2. Corradi M, Ferdenzi E, Mutti A. The characteristics, treatment and prevention of laboratory animal allergy. *Lab Anim (NY)* 2012; 42: 26–33
3. Feistenauer S, Sander I, Schmidt J, Zahradnik E, Raulf M, Briemeier M. Influence of 5 different caging types and the use of cage-changing stations on mouse allergen exposure. *J Am Assoc Lab Anim Sci.* 2014; 53: 356–363.
4. Haftenberger M, Laußmann D, Ellert U, Kalcklösch M, Langen U, Schlaud M, Schmitz R, Thamm M. Prävalenz von Sensibilisierungen gegen Inhalations- und Nahrungsmittelallergene. *Bundesgesundheitsbl* 2013; 56: 687–697
5. Krop EJM, Doekes G, Stone MJ, Aalberse RC, van der Zee JS. Spreading of occupational allergens: laboratory animal allergens on hair-covering caps and in mattress dust of laboratory animal workers. *Occup Environ Med* 2006; 64: 267–272
6. Liccardi G, D'Amato G, Antonicelli L, Berra A, Billeri L, Canonica G, Casino G, Cecchi L, Folletti I, Gani F, Lombardi C, Lo Schiavo M, Meriggi A, Milanese M, Passalacqua G, Pio R, Rolla G, Russo M, Scaccianoce S, Senna G, Scavalli P, Scichilone N, Sposato B, Siracusa A, Ventura M. Sensitization to Horse Allergens in Italy: A Multicentre Study in Urban Atopic Subjects without Occupational Exposure. *Int Arch Allergy Immunol* 2011; 155: 412–417
7. Raulf M, Losert O, Wellhäußer H. Labortier-Allergene am Arbeitsplatz - eine unterschätzte Gefährdung. *BG RCI-magazin.* 2014; 8–9
8. Sander I, Neumann HD, Lotz A, Czibor C, Zahradnik E, Flagge A, Faller I, Buxtrup M, Brüning T, Raulf M. Allergen quantification in surface dust samples from German day care centers. *J Toxicol Environ Health A.* 2016; 79 [in press]
9. Schlünssen V, Basinas I, Zahradnik E, Elholm G., Wouters IM, Kromhout H, Heederik D, Bolund ACS, Omland Ø. Raulf M, Sigsgaard T. Exposure levels, determinants and IgE mediated sensitization to bovine allergens among Danish farmers and non-farmers. *Int J Hyg Environ Health.* 2015; 218: 265–272
10. Siebers R, Weinstein P, Fitzharris P, Crane J. House-dust mite and cat allergens in the Antarctic. *Lancet* 1999; 353: 1942
11. Zahradnik E, Raulf M. Animal Allergens and their presence in the environment. *Front Immunol* 2014; 5: 76
12. Zahradnik E, Raulf M. Berufsbedingte Allergien auf Tiere in der Landwirtschaft. *Allergologie* 2016; 39: 235–246
13. Zahradnik E, Sander I, Bruckmaier L, Flagge A, Fleischer C, Schierl R, Nowak D, Sültz J, Spickenheuer A, Noss I, Brüning T, Raulf-Heimsoth M. Development of a Sandwich ELISA to Measure Exposure to Occupational Cow Hair Allergens. *Int Arch Allergy Immunol* 2011; 155: 225–233